

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-172287

(P2005-172287A)

(43) 公開日 平成17年6月30日 (2005.6.30)

(51) Int. Cl.⁷F25B 9/14
F02G 1/043
F02G 1/053

F I

F25B 9/14 52 OF
F25B 9/14 51 OB
F02G 1/043 B
F02G 1/053 A

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2003-409869 (P2003-409869)

(22) 出願日 平成15年12月9日 (2003.12.9)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(74) 代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫

(74) 代理人 100111811

弁理士 山田 茂樹

(72) 発明者 坂元 仁

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

シャープ株式会社内

(72) 発明者 吉村 和士

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

シャープ株式会社内

最終頁に続く

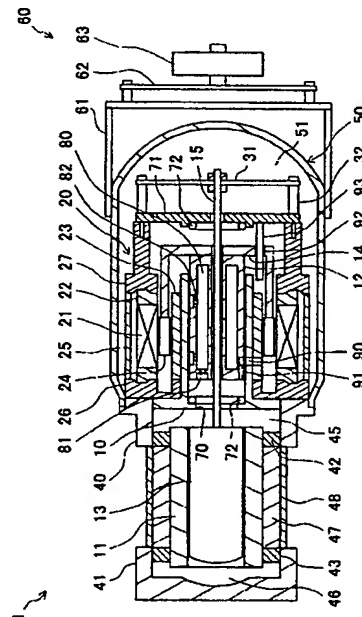
(54) 【発明の名称】 スターリング機関

(57) 【要約】

【課題】 部品点数削減により構造を簡素化し、コストダウンを図ることのできるスターリング機関を提供する。

【解決手段】 スターリング機関1では、リニアモータ20がシリンダ10の中のピストン12を往復運動させるとディスプレイサ13も往復運動し、圧縮空間45と膨張空間46の間を作動ガスが移動する。ディスプレイサ13には共振発生用のスプリング31を組み合わせるが、ピストン12の共振発生用スプリングは無くしてある。ピストン12には軸線方向に間隔を置いて2箇所以上にガスベアリングが設けられる。シリンダ10の端に形成された内フランジ70と、リニアモータ20に固定されたストッパ板71がピストン12の移動限界を定める。ストッパ板71から突き出したピン93をマグネットホルダ14の透孔92が受け入れることにより、ピストン12の回転が防止される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧縮空間と膨張空間の間で作動ガスを移動させるディスプレーサと、動力源によってシリンダ内を往復運動せしめられるピストンとを備え、前記ピストンが往復運動することにより前記ディスプレーサも往復運動して前記作動ガスの移動が生じるようにしたスターリング機関において、

前記ピストンの共振発生用スプリングを無くしたことを特徴とするスターリング機関。

【請求項 2】

前記ピストンの外周面と前記シリンダの内周面との間にガスベアリングを形成するとともに、このガスベアリングはピストンの軸線方向に間隔を置いて 2 箇所以上に配置したことを特徴とする請求項 1 に記載のスターリング機関。

10

【請求項 3】

前記ピストンが前記シリンダの中で軸線まわりに回転するのを防止する回転防止手段を設けたことを特徴とする請求項 1 に記載のスターリング機関。

【請求項 4】

前記ピストンの往復運動範囲を定める移動限定手段を設けたことを特徴とする請求項 1 に記載のスターリング機関。

【請求項 5】

前記ピストンと移動限定手段との間に衝撃緩衝用の弾性体を配置したことを特徴とする請求項 4 に記載のスターリング機関。

20

【請求項 6】

前記ピストンの端面とディスプレーサの端面とを対面させるとともに、対面する面同士の間には緩衝部材を配置したことを特徴とする請求項 1 に記載のスターリング機関。

【請求項 7】

前記ピストン、ディスプレーサ、又はディスプレーサ軸の端面と、これら 3 部品以外の部品の面とを対面させるとともに、対面する面同士のうち、衝突の可能性のある面同士の間には緩衝部材を配置したことを特徴とする請求項 1 に記載のスターリング機関。

【請求項 8】

衝撃吸収物質を緩衝部材として用いることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載のスターリング機関。

30

【請求項 9】

金属製のバネを緩衝部材として用いることを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載のスターリング機関。

【請求項 10】

前記動力源としてリニアモータを用いることを特徴とする請求項 1～9 のいずれか 1 項に記載のスターリング機関。

【請求項 11】

圧縮空間と膨張空間の間で作動ガスを移動させるディスプレーサと、動力源によってシリンダ内を往復運動せしめられるピストンとを備え、前記ピストンが往復運動することにより前記ディスプレーサも往復運動して前記作動ガスの移動が生じるようにしたスターリング機関において、

40

前記ピストンの端面とディスプレーサの端面とを対面させるとともに、対面する面同士の間には緩衝部材を配置したことを特徴とするスターリング機関。

【請求項 12】

圧縮空間と膨張空間の間で作動ガスを移動させるディスプレーサと、動力源によってシリンダ内を往復運動せしめられるピストンとを備え、前記ピストンが往復運動することにより前記ディスプレーサも往復運動して前記作動ガスの移動が生じるようにしたスターリング機関において、

前記ピストン、ディスプレーサ、又はディスプレーサ軸の端面と、これら 3 部品以外の部品の面とを対面させるとともに、対面する面同士のうち、衝突の可能性のある面同士の

50

間に緩衝部材を配置したことを特徴とするスターリング機関。

【請求項 13】

衝撃吸収物質を緩衝部材として用いることを特徴とする請求項 11 又は 12 に記載のスターリング機関。

【請求項 14】

金属製のバネを緩衝部材として用いることを特徴とする請求項 11 又は 12 に記載のスターリング機関。

【請求項 15】

前記動力源としてリニアモータを用いることを特徴とする請求項 11 ～ 14 のいずれか 1 項に記載のスターリング機関。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はスターリング機関に関する。

【背景技術】

【0002】

スターリング機関は、フロンでなくヘリウム、水素、窒素などを作動ガスとして用いるので、オゾン層の破壊を招くことのない熱機関として注目を集めている。特許文献 1 ～ 5 にスターリング機関の例を見ることができる。

20

【特許文献 1】特開 2000-337725 号公報（第 2-4 頁、図 1-4）

【特許文献 2】特開 2001-231239 号公報（第 2-4 頁、図 1-4）

【特許文献 3】特開 2002-213831 号公報（第 3-4 頁、図 1）

【特許文献 4】特開 2002-349347 号公報（第 5-6 頁、図 1-4）

【特許文献 5】特開 2000-304366 号公報（第 4 頁、図 1）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

スターリング機関については、性能向上やコストダウンのための研究が盛んに進められている。本発明は、部品点数削減により構造を簡素化し、コストダウンを図ることを目的とする。

30

【0004】

また、スターリング機関の内部にはピストン、ディスプレイサ及びこれを往復駆動するモータという可動部品があるが、これらの可動部品の往復ストロークは電流、環境温度、負荷熱量などの条件によって変化する。このため、運転中に作動ガスの圧力が変化したり、ガスバランスが崩れたりすると、往復ストロークが過大になり、可動部品同士が、あるいは可動部品と固定部品とが、衝突することがある。部品同士が衝突すれば振動や騒音が発生するし、部品の破損にも結びつきかねない。

【0005】

この問題に対処するため、特許文献 3 に記載された装置では、ピストンに取り付けられた環状永久磁石を駆動用コイルで往復動させてピストンを駆動するとともに、環状永久磁石の可動範囲外に位置検知用コイルを配置し、この位置検知用コイルによって環状永久磁石が可動範囲を超えたことが検知されたら前記駆動用コイルに供給する交流電流の電圧値を変更してピストンの往復動の振幅を設計基準値以下に抑えるようにしている。

40

【0006】

しかしながら特許文献 3 記載の構成では位置検知コイルなどの特別な部品、また起電力の計算や電圧値の変更を行わせる制御部が必要であり、コストアップを招く。またディスプレイサ側の振動は制御対象とできない。

【0007】

本発明は上記の点に鑑みなされたものであり、ピストン側、ディスプレイサ側を問わず、可動部品同士、あるいは可動部品と固定部品の衝突のダメージを軽減できる、実現容

50

易且つ安価な構造を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明では、スターリング機関を次のように構成した。

【0009】

(1) 圧縮空間と膨張空間の間で作動ガスを移動させるディスプレイサと、動力源によってシリンダ内を往復運動せしめられるピストンとを備え、前記ピストンが往復運動することにより前記ディスプレイサも往復運動して前記作動ガスの移動が生じるようにしたスターリング機関において、前記ピストンの共振発生用スプリングを無くしてスターリング機関を形成した。

10

【0010】

(2) 前述のように構成されたスターリング機関において、前記ピストンの外周面と前記シリンダの内周面との間にガスベアリングを形成するとともに、このガスベアリングはピストンの軸線方向に間隔を置いて2箇所以上に配置した。

【0011】

(3) 前述のように構成されたスターリング機関において、前記ピストンが前記シリンダの中で軸線まわりに回転するのを防止する回転防止手段を設けた。

【0012】

(4) 前述のように構成されたスターリング機関において、前記ピストンの往復運動範囲を定める移動限定手段を設けた。

20

【0013】

(5) 前述のように構成されたスターリング機関において、前記ピストンと移動限定手段との間に衝撃緩衝用の弾性体を配置した。

【0014】

(6) 前述のように構成されたスターリング機関において、前記ピストンの端面とディスプレイサの端面とを対面させるとともに、対面する面同士の間には緩衝部材を配置した。

【0015】

(7) 前述のように構成されたスターリング機関において、前記ピストン、ディスプレイサ、又はディスプレイサ軸の端面と、これら3部品以外の部品の面とを対面させるとともに、対面する面同士のうち、衝突の可能性のある面同士の間には緩衝部材を配置した。

30

【0016】

(8) 前述のように構成されたスターリング機関において、衝撃吸収物質を緩衝部材として用いた。

【0017】

(9) 前述のように構成されたスターリング機関において、金属製のバネを緩衝部材として用いた。

【0018】

(10) 前述のように構成されたスターリング機関において、前記動力源としてリニアモータを用いた。

40

【0019】

(11) 圧縮空間と膨張空間の間で作動ガスを移動させるディスプレイサと、動力源によってシリンダ内を往復運動せしめられるピストンとを備え、前記ピストンが往復運動することにより前記ディスプレイサも往復運動して前記作動ガスの移動が生じるようにしたスターリング機関において、前記ピストンの端面とディスプレイサの端面とを対面させるとともに、対面する面同士の間には緩衝部材を配置した。

【0020】

(12) 圧縮空間と膨張空間の間で作動ガスを移動させるディスプレイサと、動力源によってシリンダ内を往復運動せしめられるピストンとを備え、前記ピストンが往復運動することにより前記ディスプレイサも往復運動して前記作動ガスの移動が生じるようにし

50

たスターリング機関において、前記ピストン、ディスプレイサ、又はディスプレイサ軸の端面と、これら３部品以外の部品の面とを対面させるとともに、対面する面同士のうち、衝突の可能性のある面同士の間に緩衝部材を配置した。

【００２１】

（１３）前述のように構成されたスターリング機関において、衝撃吸収物質を緩衝部材として用いた。

【００２２】

（１４）前述のように構成されたスターリング機関において、金属製のバネを緩衝部材として用いた。

【００２３】

（１５）前述のように構成されたスターリング機関において、前記動力源としてリニアモータを用いた。

【発明の効果】

【００２４】

（１）本発明の構成によれば、ピストンに対してはスプリングを用いないので、部品点数が減る。部品点数削減により部品コストが下がる他、ピストンをスプリングに連結する際のピストンのセンタリング工程が不要となって組立コストも下がる。部品点数が減って構造が簡素化された分、故障も少なくなる。

【００２５】

（２）ガスベアリングがピストンの軸線方向に間隔を置いて２箇所以上に配置されているので、往復運動時にピストンがシリンダに対して傾くことがない。従ってピストンとシリンダとの接触が確実に回避され、ピストンとシリンダとの摩擦によるエネルギー損失、あるいは接触箇所の摩耗といった問題が発生しない。

【００２６】

（３）ガスベアリングのガスは圧縮空間から供給され、バウンス空間へと流れる。バウンス空間と圧縮空間との圧力のバランスをとるため、シリンダの外側からピストンを通して圧縮空間へと抜ける戻り流路を形成しておく必要がある。ピストンがシリンダの中で軸線まわりに回転しなければ、戻り通路は確実にその機能を果たす。ガスベアリングを形成するピンホールが戻り流路に連通してしまい、ガスベアリングの機能が損なわれるという事態も避けることができる。

【００２７】

（４）ピストンの往復運動範囲を定める移動限定手段を設けたことにより、スプリングによる拘束のなくなったピストンがシリンダからとび出すのを防ぐことができる。

【００２８】

（５）ピストンと移動限定手段との間に衝撃緩衝用の弾性体を配置することにより、ピストンが万一移動限定手段に衝突したとしてもその衝撃を緩和し、騒音及び振動の発生や部品の破損を防ぐことができる。前記弾性体として一般的な機械部品であるオーリングを使用すれば、弾性体の調達が容易であり、コストも安い。またオーリングは温度、油、化学物質などに対して耐性が高いので、圧力容器中で高圧の作動ガスにさらしても劣化の懸念が少ない。

【００２９】

（６）ピストンとディスプレイサの対面する端面同士の間に緩衝部材を配置したから、ピストンとディスプレイサが万一衝突したとしてもその衝撃を緩和し、騒音及び振動の発生や部品の破損を防ぐことができる。

【００３０】

（７）ピストン、ディスプレイサ、又はディスプレイサ軸の端面と、これら３部品以外の部品の面との、対面する面同士のうち、衝突の可能性のある面同士の間に緩衝部材を配置したから、対面する面同士の間に万一衝突が発生したとしてもその衝撃を緩和し、騒音及び振動の発生や部品の破損を防ぐことができる。

【００３１】

(8) 衝撃吸収物質を緩衝部材として用いたから、衝突の衝撃力が分散され、騒音、振動、及び部品の破損を効果的に防止することができる。

【0032】

(9) 金属製のバネを緩衝部材として用いたから、その緩衝部材の設置個所が高温に、あるいは低温にさらされるような場所であっても緩衝部材の物性に变化が少なく、安定した緩衝作用を得ることができる。

【0033】

(10) 動力源としてリニアモータを用いたことにより、クランクとコネクティングロッドのような運動変換機構を用いることなくピストンを往復運動させることができ、高効率である。

10

【0034】

(11) 圧縮空間と膨張空間の間で作動ガスを移動させるディスプレーサと、動力源によってシリンダ内を往復運動せしめられるピストンとを備え、ピストンが往復運動することによりディスプレーサも往復運動して作動ガスの移動が生じるようにしたスターリング機関において、ピストンとディスプレーサの対面する端面同士の間には緩衝部材を配置したから、ピストンとディスプレーサが万一衝突したとしてもその衝撃を緩和し、騒音及び振動の発生や部品の破損を防ぐことができる。

【0035】

(12) 圧縮空間と膨張空間の間で作動ガスを移動させるディスプレーサと、動力源によってシリンダ内を往復運動せしめられるピストンとを備え、ピストンが往復運動することによりディスプレーサも往復運動して作動ガスの移動が生じるようにしたスターリング機関において、ピストン、ディスプレーサ、又はディスプレーサ軸の端面と、これら3部品以外の部品の面との、対面する面同士のうち、衝突の可能性のある面同士の間には緩衝部材を配置したから、対面する面同士の間には万一衝突が発生したとしてもその衝撃を緩和し、騒音及び振動の発生や部品の破損を防ぐことができる。

20

【0036】

(13) 上記(11)又は(12)のように構成されたスターリング機関において、衝撃吸収物質を緩衝部材として用いたから、衝突の衝撃力が分散され、騒音、振動、及び部品の破損を効果的に防止することができる。

【0037】

30

(14) 上記(11)又は(12)のように構成されたスターリング機関において、金属製のバネを緩衝部材として用いたから、その緩衝部材の設置個所が高温に、あるいは低温にさらされるような場所であっても緩衝部材の物性に变化が少なく、安定した緩衝作用を得ることができる。

【0038】

(15) 上記(11)～(14)のいずれかのように構成されたスターリング機関において、動力源としてリニアモータを用いたから、クランクとコネクティングロッドのような運動変換機構を用いることなくピストンを往復運動させることができ、高効率である。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0039】

以下、本発明の第1実施形態を図1、2に基づき説明する。図1はスターリング機関の断面図、図2は性能試験結果を示す表である。

【0040】

スターリング機関1の組立の中心となるのはシリンダ10、11である。シリンダ10、11の軸線は同一直線上に並ぶ。シリンダ10にはピストン12が挿入され、シリンダ11にはディスプレーサ13が挿入される。ピストン12及びディスプレーサ13は位相差を備えて動く。

【0041】

ピストン12の一方の端にはカップ状のマグネットホルダ14が固定される。ディス

50

プレーサ 13 の一方の端からはディスプレイサ軸 15 が突出する。ディスプレイサ軸 15 はピストン 12 及びマグネットホルダ 14 を軸線方向に自由にスライドできるように貫通する。

【0042】

シリンダ 10 はピストン 12 の動作領域にあたる部分の外側にリニアモータ 20 を保持する。リニアモータ 20 は、コイル 21 を備えた外側ヨーク 22 と、シリンダ 10 の外周面に接するように設けられた内側ヨーク 23 と、外側ヨーク 22 と内側ヨーク 23 の間の環状空間に挿入されたリング状のマグネット 24 と、外側ヨーク 22 を囲む管体 25 と、外側ヨーク 22、内側ヨーク 23、及び管体 25 を所定の位置関係に保持する合成樹脂製エンドブラケット 26、27 とを備える。マグネット 24 はマグネットホルダ 14 に固

10

【0043】

ディスプレイサ軸 15 にはスプリング 31 の中心部が固定される。スプリング 31 の外周部はエンドブラケット 27 にスペーサ 32 を介して固定される。スプリング 31 は円板形の金属素材にスパイラル状の切り込みを入れたものであり、ディスプレイサ 13 をピストン 12 に対し所定位相差（一般的には約 90° の位相差）をもたせて共振させる役割を果たす。

【0044】

シリンダ 11 のうち、ディスプレイサ 13 の動作領域にあたる部分の外側には伝熱ヘッド 40、41 が配置される。伝熱ヘッド 40 はリング状、伝熱ヘッド 41 はキャップ状であって、いずれも銅や銅合金など熱伝導の良い金属からなる。伝熱ヘッド 40、41 は各々リング状の内部熱交換器 42、43 を介在させた形でシリンダ 11 の外側に支持される。内部熱交換器 42、43 はそれぞれ通気性を有し、内部を通り抜ける作動ガスの熱を伝熱ヘッド 40、41 に伝える。伝熱ヘッド 40 にはシリンダ 10 及び圧力容器 50 が連結される。

20

【0045】

伝熱ヘッド 40、シリンダ 10、11、ピストン 12、ディスプレイサ 13、ディスプレイサ軸 15、及び内部熱交換器 42 で囲まれた環状の空間は圧縮空間 45 となる。伝熱ヘッド 41、シリンダ 11、ディスプレイサ 13、及び内部熱交換器 43 で囲まれる空間は膨張空間 46 となる。

30

【0046】

内部熱交換器 42、43 の間には再生器 47 が配置される。再生器 47 は容器内に金網などの充填材（マトリックス）を詰め込み、通気性を持たせたものであって、内部を作動ガスが通る。再生器 47 の外側を再生器チューブ 48 が包む。再生器チューブ 48 は伝熱ヘッド 40、41 の間に気密通路を構成する。

【0047】

リニアモータ 20、シリンダ 10、及びピストン 12 を筒状の圧力容器 50 が覆う。圧力容器 50 の内部はバウンス空間 51 となる。

【0048】

圧力容器 50 には振動抑制装置 60 が取り付けられる。振動抑制装置 60 は、圧力容器 50 に固定されるフレーム 61 と、フレーム 61 に支持された板状のスプリング 62 と、スプリング 62 に支持されたマス（質量）63 とから成る。

40

【0049】

本発明のスターリング機関 1 は、通常スターリング機関と異なり、ピストン 12 の共振発生用スプリングを無くしている。しかし、そのままではシリンダ 10 からピストン 12 が抜けてしまうおそれがあるので、ピストン 12 の往復運動範囲を定める移動限定手段を設ける。本実施形態において、圧縮空間 45 の側で移動限定手段を構成するのはシリンダ 10 の端に設けた内フランジ 70 である。バウンス空間 51 の側で移動限定手段を構成するのはリニアモータ 20 のエンドブラケット 27 に固定されたストッパ板 71 である。この往復移動範囲の中にあるかぎり、マグネット 24 はコイル 21 によって駆動される

50

状態にある。すなわちリニアモータ 20 の磁気回路中にマグネット 24 が在中維持されている。

【0050】

内フランジ 70 はピストン 12 の端面を受け、ストッパ板 71 はマグネットホルダ 14 の端面を受ける。これらの部材が直接当たると騒音や振動を発するので、衝撃緩衝用の緩衝部材として機能する弾性体を配置する。本実施形態では弾性体としてオーリング 72 を使用する。内フランジ 70 とストッパ板 71 は、それぞれ、接着材など適当な結合手段によりオーリング 72 を保持している。オーリング 72 の位置を逆にし、ピストン 12 及びマグネットホルダ 14 の側にオーリング 72 を装着してもよい。

【0051】

ピストン 12 の内部は空洞 80 となっている。空洞 80 はピストン 12 の端面に設けられた連通口 81 を介して圧縮空間 45 に連通する。ピストン 12 の外周面には空洞 80 に通じるピンホール 82 が穿たれている。ピンホール 82 はガスベアリングを形成するものであり、同一円周上に所定の角度間隔で複数個配置されている。ピンホール 82 はピストン 12 の軸線方向に間隔を置いて 2 箇所以上に配置する。すなわちガスベアリングを 2 箇所以上に形成する。図示実施形態ではガスベアリングを 2 箇所に設けることとしているが、その数に限定はない。

【0052】

ピンホール 82 とは別に、バウンス空間 51 内のガスを圧縮空間 45 に戻す戻り流路が設けられている。戻り流路は、リニアモータ 20 の内部ヨーク 23 とシリンダ 10 とを貫通するように設けた固定戻り流路 90 と、ピストン 12 の内部に L 字形に屈曲する形で設けた移動戻り流路 91 とにより構成される。

【0053】

シリンダ 10 とピストン 12 を端面の方から見た場合、固定戻り流路 90 と移動戻り流路 91 は同一角度位置になければならない。すなわちシリンダ 10 とピストン 12 の相対角度は常に一定でなければならない。そこで、ピストン 12 がシリンダ 10 の中で軸線まわりに回転しないよう、回転防止手段を設ける。本実施形態では、マグネットホルダ 14 に透孔 92 を設け、この透孔 92 にストッパ板 71 から突き出すピン 93 を通してピストン 12 の回転を止めている。ピンホール 82 が固定戻り流路 90 に合致してしまい、ガスベアリングの機能が損なわれるという事態もこれにより避けることができる。

【0054】

次に、スターリング機関 1 の動作について説明する。リニアモータ 20 のコイル 21 に交流電流を供給すると外部ヨーク 22 と内部ヨーク 23 の間にマグネット 24 を貫通する磁界が発生し、マグネット 24 は軸線方向に往復運動する。マグネット 24 にマグネットホルダ 14 を介して連結されたピストン 12 も軸線方向に往復運動する。

【0055】

ピストン 12 が往復運動すると、ピストン 12 の左側の全空間に同一の圧力変動が生じる。ここでディスプレイサ 13 に作用する圧力を観察すると、膨張空間 46 側の端面に作用する圧力と圧縮空間 45 側の端面に作用する圧力とはパスカルの原理により同一となり、相殺される。しかしながらディスプレイサ軸 15 はピストン 12 の右側のバウンス空間 51 に突出しているため、ディスプレイサ軸 15 にはその断面積に応じた背圧がかかる。

【0056】

背圧は圧縮空間 45 の圧力変動と逆相で変動するため、ディスプレイサ 13 の両側の圧力は完全には相殺されず、差圧が発生する。つまり、ピストン 12 がディスプレイサ 13 の側に前進すると、ディスプレイサ 13 はピストン 12 に向かって後退し、圧縮空間 45 の容積が縮小するとともに膨張空間 46 の容積が拡大する。圧縮空間 45 の容積縮小分の作動ガスは再生器 47 を通って膨張空間 46 に流れ込む。

【0057】

逆にピストン 12 がディスプレイサ 13 から離れて後退すると、ディスプレイサ 13

はピストン 1 2 から離れて前進し、膨張空間 4 6 の容積が縮小するとともに圧縮空間 4 5 の容積が拡大する。膨張空間 4 6 の容積縮小分の作動ガスは再生器 4 7 を通って圧縮空間 4 5 に戻る。

【0058】

上記のようにしてフリーピストン構造のディスプレイサ 1 3 はピストン 1 2 の振動周波数と同期して振動する。この振動を効率的に維持するため、ディスプレイサ系（ディスプレイサ 1 3、ディスプレイサ軸 1 5、及びスプリング 3 1）の総質量と、スプリング 3 1 のバネ定数とにより定まる共振周波数を、ピストン 1 2 の駆動周波数に共振するよう設定する。これにより、ピストン系とディスプレイサ系とは良好に一定の位相差をもって同期振動する。

10

【0059】

ピストン 1 2 とディスプレイサ 1 3 の同期振動により圧縮／膨張のサイクルが生まれる。振動の位相差を適切に設定すれば、圧縮空間 4 5 では断熱圧縮による発熱が多く発生し、膨張空間 4 6 では断熱膨張による冷却が多く発生する。このため、圧縮空間 4 5 の温度は上昇し、膨張空間 4 6 の温度は下降する。

【0060】

運転中に圧縮空間 4 5 と膨張空間 4 6 の間を往復する作動ガスは、内部熱交換器 4 2、4 3 を通過する際に、その有する熱を内部熱交換器 4 2、4 3 を通じて伝熱ヘッド 4 0、4 1 に伝える。圧縮空間 4 5 から噴出する作動ガスは高温であり、伝熱ヘッド 4 0 は加熱される。すなわち伝熱ヘッド 4 0 はウォームヘッドとなる。膨張空間 4 6 から噴出する作動ガスは低温であり、伝熱ヘッド 4 1 は冷却される。すなわち伝熱ヘッド 4 1 はコールドヘッドとなる。伝熱ヘッド 4 0 より熱を放散し、伝熱ヘッド 4 1 で特定空間の温度を下げることににより、スターリング機関 1 は冷凍機関としての機能を果たす。

20

【0061】

再生器 4 7 は、圧縮空間 4 5 と膨張空間 4 6 の熱を相手側の空間には伝えず、作動ガスだけを通す働きをする。圧縮空間 4 5 から内部熱交換器 4 2 を経て再生器 4 7 に入った高温の作動ガスは、再生器 4 7 を通過するときにその熱を再生器 4 7 に与え、温度が下がった状態で膨張空間 4 6 に流入する。膨張空間 4 6 から内部熱交換器 4 3 を経て再生器 4 7 に入った低温の作動ガスは、再生器 4 7 を通過するときに再生器 4 7 から熱を回収し、温度が上がった状態で圧縮空間 4 5 に流入する。すなわち再生器 4 7 は熱の保管庫としての役割を果たす。

30

【0062】

圧縮空間 4 5 の中の高圧の作動ガスの一部は連通口 8 1 からピストン 1 2 の空洞 8 0 に入り込む。そしてピンホール 8 2 から噴出する。噴出する作動ガスにより、ピストン 1 2 の外周面とシリンダ 1 0 の内周面との間にガスの膜が形成され、ピストン 1 2 とシリンダ 1 0 との接触が防がれる。これと同様のガスベアリングをディスプレイサ 1 3 とシリンダ 1 1 の間にも設ける。

【0063】

ピストン 1 2 のガスベアリングは軸線方向に間隔を置いて 2 個以上設けられているので、往復運動時、ピストン 1 2 がシリンダ 1 0 に対して軸線方向に傾くことがない。従ってピストン 1 2 とシリンダ 1 0 との接触が確実に回避され、ピストン 1 2 とシリンダ 1 0 との摩擦によるエネルギー損失、あるいは接触箇所の摩耗といった問題が発生しない。

40

【0064】

ピストン 1 2 を連続して往復運動させていると、バウンス空間 5 1 内のガス圧が徐々に高くなり、圧縮空間 4 5 とバウンス空間 5 1 の間の圧力バランスが崩れてくる。固定戻り流路 9 0 及び移動戻り流路 9 1 はこの現象を防ぐために存在する。すなわち、ピストン 1 2 が往復運動していると、あるタイミングで戻り流路 9 0、9 1 が合致する。この時、バウンス空間 5 1 から固定戻り流路 9 0 及び移動戻り流路 9 1 を通じてガスが圧縮空間 4 5 に帰還し、圧力バランスを回復する。

【0065】

50

前述の通り、ピストン１２とシリンダ１０との相対回転は透孔９２とピン９３からなる回転防止手段で止められている。従ってピストン１２の往復運動中、固定戻り流路９０と移動戻り流路９１は所定のタイミングで必ず合致する。同時に、ピンホール８２が固定戻り流路９０に合致することが防がれるので、ガスベアリングの機能が損なわれることもない。

【００６６】

ピストン１２とディスプレイサ１３が往復運動し、作動ガスが移動すると、スターリング機関１に振動が生じる。振動抑制装置６０がこの振動を抑える。

【００６７】

上記構成のスターリング機関の性能について実験した結果を図２に示す。実験は、同一構成のスターリング機関を、「ピストンスプリングなし」の条件と「ピストンスプリングあり」の条件で運転し、前者の出力を後者の出力で除して出力指数を求めたものである。実験によれば、入力６０Ｗのときの出力指数は０．９８３、入力８０Ｗのときは同じく０．９７６、入力１００Ｗのときは同じく０．９７０であった。すなわちピストンスプリングを廃止しても出力は殆ど変わらなかった。

【００６８】

本発明の第２実施形態を図３に示す。第２実施形態はピストンとシリンダの間の回り止めの構成に係るものであり、図３は関連の構成要素のみ示す部分断面図である。

【００６９】

第２実施形態では、シリンダ１０の内面に軸線方向に延びる溝９４を形成し、ピストン１２には溝９４に係合する突起９５を形成して回り止めとした。

【００７０】

本発明の第３実施形態を図４に示す。第３実施形態もピストンとシリンダの間の回り止めの構成に係るものであり、図４は関連の構成要素のみ示す部分断面図である。

【００７１】

第３実施形態では、外部ヨーク２２及びエンドブラケット２６、２７の内面の断面形状を多角形にした。図の場合八角形となっている。その八角形の内面側の角には軸線方向に延びる溝９６を形成した。マグネットホルダ１４の外面の断面形状も八角形とし、各角には溝９６に係合する突起９７を形成して回り止めとした。

【００７２】

本発明の第４実施形態を図５に示す。図５はスターリング機関の断面図である。第５実施形態のスターリング機関は、大部分の構成要素が第１実施形態と共通である。そこで、第１実施形態と共通の構成要素には第１実施形態で用いたのと同じ符号を付し、説明は省略する。図６に示す第５実施形態及び図７に示す第６実施形態においても同様とする。

【００７３】

第４実施形態のスターリング機関１は、ピストン１２の移動限界を定める移動限定手段の構成が第１実施形態と異なる。圧縮空間４５において、ピストン１２の一方の端面とディスプレイサ１３の一方の端面は第１実施形態のときのようにシリンダ１０に設けた内フランジで隔てられることなく対面している。すなわちここではディスプレイサ１３が移動限定手段を構成する。ピストン１２の端面に衝撃緩衝用のオーリング７２が装着されている。このオーリング７２はディスプレイサ１３の側に配置してもよい。バウンス空間５１においては、マグネットホルダ１４の側にオーリング７２が固定されている。

【００７４】

また本実施形態では、膨脹空間４６において、ディスプレイサ１３の端面に衝撃緩衝用のオーリング７２を装着し、ディスプレイサ１３が伝熱ヘッド４１に衝突するようなことがあった場合の備えとしている。このオーリング７２は伝熱ヘッド４１の側に配置してもよい。

【００７５】

この実施形態の場合ピストン１２は、ディスプレイサ１３の側に前進しすぎると、ピストン１２に向かって後退する途中だったディスプレイサ１３にオーリング７２を介して

衝突する。この衝突はマグネット 24 がエンドブラケット 26 に当たる前に生じるので、リニアモータ 20 がダメージを受けることはない。

【0076】

またディスプレイサ 13 が伝熱ヘッド 41 に衝突するときは、オーリング 72 が伝熱ヘッド 41 の内面に衝突して衝撃をやわらげる。

【0077】

本発明の第 5 実施形態を図 6 に示す。図 6 はスターリング機関の断面図である。

【0078】

第 5 実施形態では、第 4 実施形態で緩衝部材として機能したオーリング 72 を緩衝体 73 で置き換えた。緩衝体 73 は衝撃吸収物質によって構成される。オーリング 72 のような弾性物質は、物体が衝突した場合、一旦変形して衝撃を吸収した後、弾発力で復元して衝突した物体をはね返すが、ここでいう衝撃吸収物質はそうではない。変形して圧力を分散させる、低反発タイプのものである。

10

【0079】

緩衝体 73 の配置される場所は、スターリング機関 1 内部の高温部位であったり、低温部位であったりする。そのため、耐熱性、耐冷性を備えることが求められる。この条件を満たす材料としては、シリコン主体のゲルがある。この材料は耐熱性、耐冷性だけでなく防振性や耐久性にも優れる。

【0080】

あまり高温や低温でない、常温程度の使用環境であれば、上記ゲルに代え、低反発ウレタンを用いることもできる。

20

【0081】

緩衝体 73 は、ピストン 12 の一方の端面と、この端面に対面するディスプレイサ 13 の端面とにそれぞれ固定されている。また、ストッパ板 71 に対面するマグネットホルダ 14 の端面にも固定されている。ディスプレイサ 13 と伝熱ヘッド 41 の対面する面同士にもそれぞれ固定されている。ディスプレイサ軸 15 の端面と、これに対面する圧力容器 50 の内面にもそれぞれ固定されている。個々の緩衝体 73 は、その配置箇所あるいは固定対象に合わせて形状、寸法の設計がなされている。

【0082】

上記のように緩衝体 73 を配置することにより、ピストン 12 とディスプレイサ 13 の衝突、マグネットホルダ 14 とストッパ板 71 の衝突、ディスプレイサ 13 と伝熱ヘッド 41 の衝突、及びディスプレイサ軸 15 と圧力容器 50 の衝突を緩衝体 73 の衝撃吸収作用で緩衝することができる。

30

【0083】

ピストン 12 とディスプレイサ 13、ディスプレイサ 13 と伝熱ヘッド 41、ディスプレイサ軸 15 と圧力容器 50 のように、衝突する部品の双方に緩衝体 73 が設けられている箇所にあっては、どちらか一方の部品から緩衝体 73 を撤去することができる。

【0084】

上記配置箇所のすべてに緩衝体 73 を配置しなければならないということはない。部品の衝突の可能性がなければ緩衝体 73 を配置する必要はない。

40

【0085】

本発明の第 6 実施形態を図 7 に示す。図 7 はスターリング機関の断面図である。

【0086】

第 6 実施形態では、第 5 実施形態で緩衝部材として機能した緩衝体 73 を金属製のバネで置き換えた。すなわちバネ線材からなる圧縮コイルバネ 75 と円形の金属板からなるバンパー 76 を組みあわせて緩衝器 74 を形成し、この緩衝器 74 を、第 6 実施形態において緩衝体 73 のあった箇所に配置している。個々の緩衝器 74 は、その配置箇所あるいは固定対象に合わせて形状、寸法の設計がなされている。

【0087】

上記のように緩衝器 74 を配置することにより、ピストン 12 とディスプレイサ 13

50

の衝突、マグネットホルダ 14 とストッパ板 71 の衝突、ディスプレイサ 13 と伝熱ヘッド 41 の衝突、及びディスプレイサ軸 15 と圧力容器 50 の衝突を緩衝器 74 で緩衝することができる。

【0088】

ピストン 12 とディスプレイサ 13、ディスプレイサ 13 と伝熱ヘッド 41、ディスプレイサ軸 15 と圧力容器 50 のように、衝突する部品の双方に緩衝器 74 が設けられている箇所にあつては、どちらか一方の部品から緩衝器 74 を撤去することができる。

【0089】

上記配置箇所のすべてに緩衝器 74 を配置しなければならないということはない。部品の衝突の可能性がなければ緩衝器 74 を配置する必要はない。

10

【0090】

緩衝器 74 は金属製なので、高温になる圧縮室 45 に配置されたとしても、あるいは低温になる膨張室 46 に配置されたとしても、弾性はあまり変わらず、安定した緩衝作用を得ることができる。

【0091】

この実施形態ではバネ線材からなる圧縮コイルバネ 75 と円形の金属板からなるバンパー 76 を組み合わせて緩衝器 74 を形成したが、1枚の金属板から切り起こし成形することにより、バネとバンパーを一体成形することも可能である。

【0092】

以上本発明の各実施形態につき説明したが、発明の主旨を逸脱しない範囲でさらなる種々の変更を加えて実施することが可能である。なお緩衝部材の配置に係る発明は、ピストンの共振用スプリングを無くしたものに対象が限定されることはない。

20

【産業上の利用可能性】

【0093】

本発明は、フリーピストン型スターリング機関全般に利用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0094】

【図1】 本発明の第1実施形態に係るスターリング機関の断面図

【図2】 性能試験結果を示す表

【図3】 本発明の第2実施形態に係るスターリング機関の部分断面図

30

【図4】 本発明の第3実施形態に係るスターリング機関の部分断面図

【図5】 本発明の第4実施形態に係るスターリング機関の断面図

【図6】 本発明の第5実施形態に係るスターリング機関の断面図

【図7】 本発明の第6実施形態に係るスターリング機関の断面図

【符号の説明】

【0095】

- 1 スターリング機関
- 10、11 シリンダ
- 12 ピストン
- 13 ディスプレーサ（移動限定手段）
- 14 マグネットホルダ
- 20 リニアモータ
- 31 スプリング（共振発生用）
- 45 圧縮空間
- 46 膨張空間
- 50 圧力容器
- 51 バウンス空間
- 70 内フランジ（移動限定手段）
- 71 ストッパ板（移動限定手段）
- 72 オーリング（弾性体）

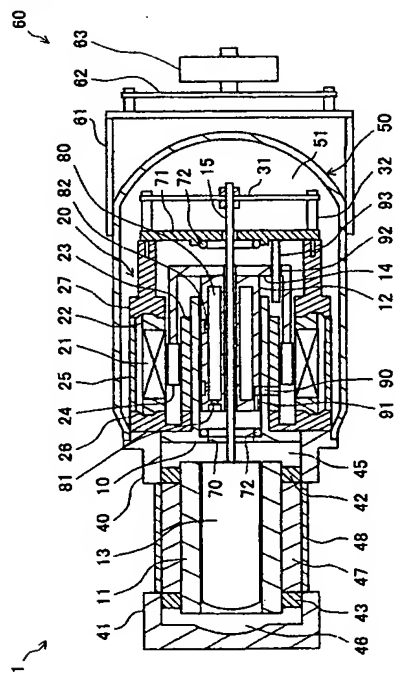
40

50

- 7 3 緩衝体
- 7 4 緩衝器
- 7 5 圧縮コイルバネ
- 7 6 パンパー
- 8 0 空洞
- 8 1 連通口
- 8 2 ピンホール（ガスベアリング形成用）
- 9 0 固定戻り流路
- 9 1 移動戻り流路
- 9 2 透孔（回転防止手段）
- 9 3 ピン（回転防止手段）

10

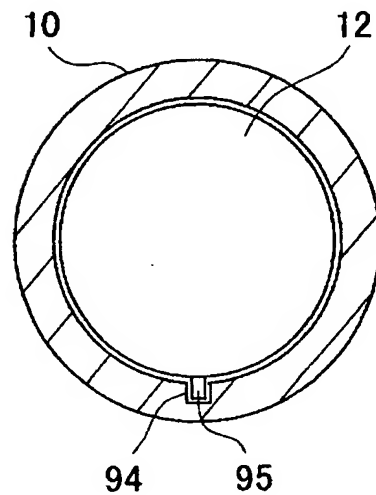
【 図 1 】



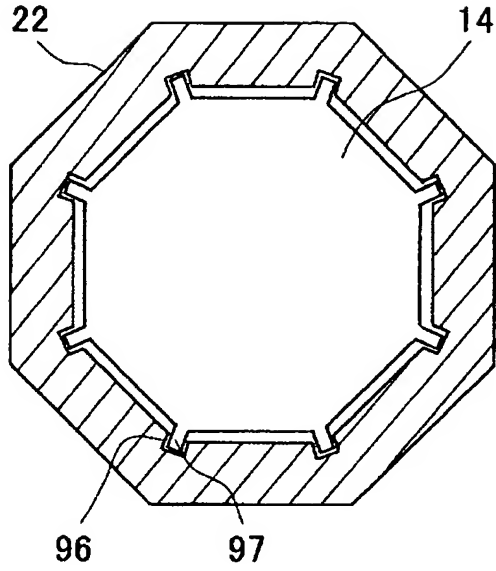
【☒ 2】

出力指数	
入力(W)	(ピストンスプリングなし) / (ピストンスプリングあり)
60	0.983
80	0.976
100	0.970

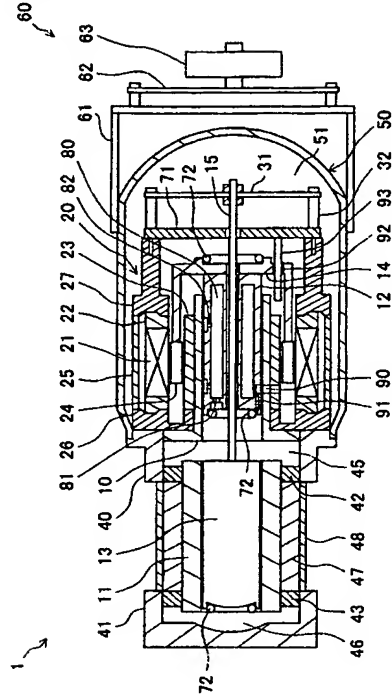
【图 3】



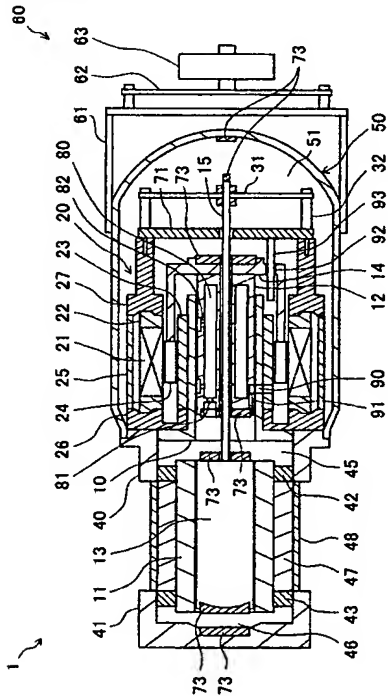
【図 4】



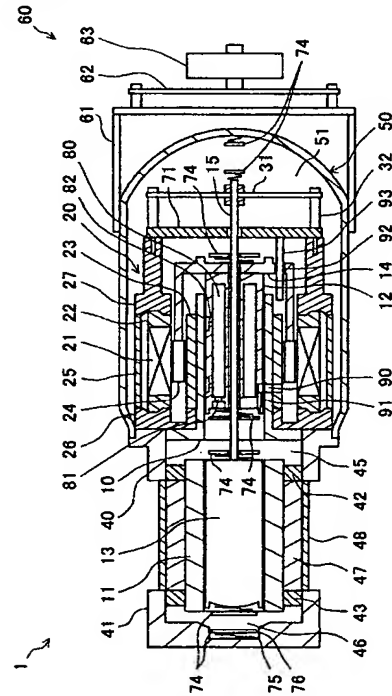
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 高井 健二
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 山上 真司
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 北村 義之
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 安村 浩至
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 大野 公隆
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 又野 利之
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番22号 シャープ株式会社内

PAT-NO: JP02005172287A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2005172287 A
TITLE: STIRLING ENGINE

PUBN-DATE: June 30, 2005

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SAKAMOTO, HITOSHI	N/A
YOSHIMURA, KAZUSHI	N/A
TAKAI, KENJI	N/A
YAMAGAMI, SHINJI	N/A
KITAMURA, YOSHIYUKI	N/A
YASUMURA, KOJI	N/A
ONO, KIMITAKA	N/A
MATANO, TOSHIYUKI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SHARP CORP	N/A

APPL-NO: JP2003409869

APPL-DATE: December 9, 2003

INT-CL (IPC): F25B009/14 , F02G001/043 , F02G001/053

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a stirling engine which has a simple structure by reducing the number of parts and can reduce the cost.

SOLUTION: In a stirling engine 1, when a linear motor 20 reciprocates a piston 12 in a cylinder 10, a displacer 13 reciprocates as well, and operation gas moves between a compression space 45 and an expansion space 46. While the displacer 13 is combined with a spring 31 for resonance generation, a spring for resonance generation of a piston 12 is eliminated. The piston 12 is provided with gas bearings

at two or more places with an interval in the axial direction. An inner flange 70 formed at an end of a cylinder 10 and a stopper plate 71 fixed on the linear motor 20 define a moving limit of the piston 12. A through hole 92 of a magnet holder 14 receives a pin 93 protruding from the stopper plate 71, so that the piston 12 is prevented from rotating.

COPYRIGHT: (C)2005,JPO&NCIPI